جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۱

صص ٦۹-٥٥

واکاوی همدید بارش تگرگ فراگیر در شمال غرب ایران

فرامرز خوش اخلاق[1]ـ استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران

حسین محمدی ـ استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران

علی‌اکبر شمسی‌پور ـ استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران

اصغر افتادگان خوزانی ـ دانشجوی کارشناسی‌ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۳۰ تاریخ تصویب:۱۳۹۱/۹/۱۱

چکیده

منطقه شمال‌غرب ایران یکی از مناطق با بارش زیاد تگرگ در کشور بوده و هر سال این پدیده باعث خسارت در این منطقه، بویژه در بخش کشاورزی می‌گردد. هدف از انجام این پژوهش شناسایی الگوهای همدیدی و تعیین آستانه‌های کمیت‌های دینامیکی چون تاوایی نسبی، همگرایی و واگرایی رطوبت، سرعت قائم در سامانه ارتفاعی و کمیّت‌های ترمودینامیکی چون نم ویژه و جهت وزش جریان‌ها از ٤٨ ساعت قبل از شروع بارش تگرگ است. همچنین شاخص‌های ناپایداری برای تعیین شاخص مناسب برای پیش‌آگاهی رخداد این نوع بارش‌ها، شرایط جوی ٢٤ ساعت قبل از بارش‌ها در منطقه شمال‌غرب ایران مورد مطالعه قرار گرفت. برای بررسی آماری پدیده تگرگ در دوره (۲۰۰۹-۱۹۸۷) از داده‌های ١٦ ایستگاه همدید منطقه استفاده شد. جهت واکاوی همدید بارش‌ها داده‌های دوباره بازکاوی شده NCEP/NCAR از سایت این سازمان‌ها دریافت گردید. نتایج پژوهش نشان می‌دهد با عقب‌نشینی مرکز پرفشار آزورز و مرکز پرفشار فرعی به دست آمده از آن به سمت غرب و پرفشار سیبری به سمت شرق، کم‌فشار ایسلند با حرکت به سمت شرق و جنوب و قوی‌تر شدن، زبانه‌هایش تا جنوب دریای خزر می‌رسد. همچنین با عقب‌نشینی هسته پرفشار جنب حاره‌ای از شمال عربستان مسیر حرکت کم‌فشارهای دریای سرخ به سمت بین‌النهرین باز می‌شود و شرایط مناسبی برای ایجاد بارش شدید فراهم می‌گردد.

کلید واژه‌ها: مخاطرات آب وهوایی، تگرگ فراگیر، همدید، پیش‌یابی، شمال‌غرب.

---

١ نویسنده مسوول: ٠٩١٢٤٨٥١٤٥٦

Email: fkhosh@ut.ac.ir

مقدمه

مخاطرات را می‌توان بر پایه شدت رخداد و منشأ آنها، به دو گروه عمده تقسیم کرد. مخاطرات بر اساس سرعت رخداد، به دو بخش مخاطرات ناگهانی و تدریجی تفکیک می‌شوند. زلزله، سیل، زمین‌لغزش، بهمن، تگرگ و غیره از مخاطرات ناگهانی محسوب می‌شوند و خشکسالی، فرسایش، گرم شدن جهانی و غیره از مخاطرات تدریجی به شمار می‌آیند (اوزی[1]ترجمه شده به وسیله ظاهری، ۱۳۹۰: ٦). در مخاطرات تدریجی بدلیل رخداد آرام این پدیده با اتخاذ تدابیر حفاظتی و پیشگیرانه، می‌توان خسارت‌ها و تلفات وارده را کاهش داد. در حالی که حوادث ناگهانی زمانی که شروع شود فرصتی برای چاره‌اندیشی و مقابله با آن وجود ندارد. بنابراین باید با آگاهی از عوامل بوجود آورنده این حوادث توان پیش-آگاهی از رخداد آنها را جهت کاهش خسارت و تلفات به دست آورد.

تگرگ یکی از پدیده‌های جوّی مخرب است که باعث خسارات بسیار در بخش‌های مختلف همچون کشاورزی می‌شود. بارش تگرگ معمولاً از ابرهای کومولونیمبوس انجام می‌گیرد. غالباً به شکل رگبار و عموماً همراه با رعد و برق، بویژه در فصل بهار رخ می‌دهد. بطور کلی تگرگ محصول همرفت شدید هواست که در یک توفان تندری یافت می‌شود و برای اینکه یک توفان تندری به توفان تگرگ تغییر شکل دهد دو شرط اساسی نیاز است. یکی اینکه باید ابر به اندازهٔ کافی بالای سطح یخبندان رشد کند و شرط دوم وجود یک رودباد یا دست‌کم بادهای قوی در ترازهای بین ٦٠٠٠ الی ۱۲۰۰۰ متری، می‌باشد (لشکری و امینی، ۱۳۸۹). این نوع بارش‌ها از ناپایداری همرفتی حاصل می‌شود که در این حالت توده هوا، باید در یک سطح معین، گرم‌تر از هوای مجاور خود شود. گرم شدن توده هوا نسبت به محیط اطراف آن، در نزدیکی سطح زمین به دو روش رخ می‌دهد. اوّل اینکه ممکن است یک قسمت از زمین در منطقه‌ای وسیع، انرژی تابشی بیشتری نسبت به اطراف کسب کند و بتدریج تا آنجایی گرم شود که گرمای آن، قسمت زیرین توده هوای بالایش را گرم-تر از هوای مجاور خود کند و هوا را ناپایدار گرداند. دوم اینکه توده هوا در مسیر حرکت خود از مناطق گرم عبور کند. گرمای چنین مناطقی از طریق رسانش به هوای گذرنده منتقل می‌شود و قسمت زیرین آن را گرم‌تر از قسمت‌های بالایی-اش می‌کند (علیجانی، ۱۳۸٤: ۲٤۲). رخداد این بارش‌ها در فصل بهار و اوایل تابستان همراه با رعدوبرق، باد شدید و رخداد سیل سبب آسیب به محصولات کشاورزی (بویژه درختانی که در این فصل دارای شکوفه‌اند)، شده و خسارات فراوانی به بار می‌آورد.

از پژوهش‌های انجام شده در زمینه تگرگ در سطح جهان و ایران می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

سیوتاس و فلوکاس[2](۲۰۰۳)، به بررسی همدید بارش تگرگ در شمال یونان در یک دوره ۲٦ ساله از فصل گرم با هدف طبقه‌بندی و پیش‌بینی تگرگ مبتنی بر مشخصه‌های آن با خطر زیاد تا کم پرداختند. گیایوتی[3] و همکاران مطالعه

1 Ouzi
2 Sioutas & Flocas
3 Giaiotti

تگرگ را در دشت گیولیا[۱] از دشت‌های تگرگ‌خیز ایتالیا، مورد بررسی قرار دادند. به این نتیجه رسیدند که عوارض غالب زمین به صورت محلی در ایجاد تگرگ مؤثر هستند. همچنین در بررسی خود به اهمیت میزان بخارآب در ترازهای پایینی جو (۱۵۰۰ متری و کمتر) برای رخداد تگرگ اشاره کردند. سیدلکی[۲] (۲۰۰۸)، به واکاوی توفان‌های دوره (۲۰۰۵–۱۹۹۱) در اروپا با استفاده از داده‌های رادیوگمانه[۳] جمع‌آوری شده توسط دانشگاه وایومینگ، پرداخت. وی برای انجام این پژوهش به واکاوی فراوانی توزیع شاخص‌هایی مانند CAPE[4]، CIN[۵]، TTI[۶]، KI[۷] و SWEAT به صورت ماهانه اقدام کرد. میانگین ماهانه مقدار CAPE را در شرق مدیترانه و کشورهای ساحلی مجاور آن ۳۰۰ ژول بر کیلوگرم به دست آورد. CIN را در ماه‌های فصل تابستان در جنوب محدوده مورد مطالعه‌اش، ۱۰۰ ژول بر کیلوگرم برآورد کرد و همچنین با بهره-گیری از شاخص‌های KI، TTI و SWEAT که هم اُفتاهنگ بین ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، و هم رطوبت سطوح پایین را نشان می‌دهند، ناحیه آلپ و حوضه کارپتین[۸] دارای بیشترین شرایط ناپایداری ارزیابی شد. در نهایت نقش کوهساری را به عنوان مهم‌ترین عامل در ایجاد توفان بیان می‌کند. آران و همکاران[۹] به ارزیابی الگوهای گردش جو در ارتباط با رخداد تگرگ در للیدا[۱۰] کاتالونیای اسپانیا پرداختند. برای انجام پژوهش از داده‌های میانگین فشار سطح دریا، دما در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و داده‌های ژئوپتانسیلی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال استفاده کردند و با روش خوشه‌بندی الگوهای جوی این نوع بارش‌ها در ۹ الگوی همدیدی به دست آوردند. بیچ و همکاران[۱۱] (۲۰۱۱)، بررسی‌هایی در زمینه بارش‌های شدید و رخداد تورنادو شبانه در مدیترانه انجام دادند. وب و همکاران[۱۲] (۲۰۰۹)، به زمینه‌یابی اقلیمی و ارزیابی مخاطره توفان‌های شدید تگرگ در بریتانیا و ایرلند پرداختند. میچالیدز و همکاران[۱۳] (۲۰۰۸)، مطالعه همدید– ترمودینامیکی و آگروکلیمایی در ارتباط با تگرگ شدید در کاپیروس[۱۴] انجام دادند. در این مطالعه بارش‌های تگرگ شدید رخداده در این منطقه را در طول مدت ۱۰ سال، ارزیابی و در دو طبقه‌ی، ناپایداری گرمایی و وافشاری[۱۵] جبهه‌ای قرار دادند. و در آخر تحول زمانی و مکانی مشخصه‌های همدید، دینامیکی و ترمودینامیکی تگرگ‌های رخ داده را به صورت موردی مطالعه کردند. چری‌سولاکیس و همکاران[۱۶] (۲۰۰۳)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مادیس[۱۷] و داده‌های رادیوگمانه به بررسی

1 Giulia
2 Sidlecki
3 Radiosonde
4 Convective Available Potential
5 Convection Condensation Level
6 Total Totals Index
7 Vitining Index
8 Carpathian
9 Aran & et al
10 Lleida
11 Bech & et al
12 Webb & et al
13 Michaelides & et al
14 Cyprus
15 Depression
16 Chrysoulakis & et al
17 Modis

منطقه‌ای ناپایداری‌های جوّی پرداختند. آنها برای ارزیابی ناپایداری‌های جوّی شاخص‌های ناپایداری بُیدِن[1]، KI و شاخص فرازش[2] را با استفاده از داده‌های رادیوگمانه و داده‌های اشتقاقی ماهواره محاسبه کردند. با مقایسه داده‌های به دست آمـده از این دو روش به این نتیجه رسیدند که داده‌های ماهواره‌ای همبستگی مناسبی را با داده‌های به دست آمـده از رادیوگمانـه در محاسبه این شاخص‌ها از خود نشان می‌دهد. به نظر آنها از داده‌های سنجش‌ازدور می‌توان شبیه‌سازی خیلی خوبی جهـت ارزیابی ناپایداری و پیش‌بینی محلی آب وهوا داشت. خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی(۱۳۸٦)، در پژوهشی با استفاده از داده‌های مربوط به فراوانی وقوع توفان‌های تندری در تبریز به عنوان نمونه‌ای از اقلیم شـمال‌غـرب ایـران، خـصوصیات زمانی و آماری توفان‌های تندری را مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش در مقیاس زمـانی ماهانه، ماه مه و در بازه فصلی، فصل بهار بیشترین فراوانی رخداد توفان تندری را نشان دادند. توزیـع احتمـال وقـوع ایـن بارش‌ها به ویژه در دوره‌های بازگشت‌ها، کوتاه مدت است و از این‌رو، توفان‌های تندری و پدیده‌های فرعـی ناشـی از آن یک خطر مخرب دائمی در منطقه شمال‌غرب بیان گردیده است. لشکری و امینی(۱۳۸۹)، به واکاوی همدید و پهنـه‌بنـدی بارش تگرگ در خراسان بزرگ پرداختند. نتایج بررسی آنها نشان داد که حداکثر فراوانی وقوع این پدیده به ارتفاع ایستگاه‌ها از سطح دریا و محل ورود سامانه‌های همراه با بارش تگرگ بستگی دارد. صانعی و همکاران (۱۳۸۲)، در بررسی مـدل آماری تگرگ با استفاده از روش‌های استاندارد آماری، فراوانی رخداد پدیده‌ی تگرگ را در سطح کشور مورد ارزیابی قـرار دادند. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که بیشترین فراوانی وقوع بارش تگرگ در محدوده غرب و شمال‌غرب و کمترین آن در نیمهٔ شرقی کشور رخ می‌دهد (لشکری، ۱۳۸۹). عبدمنافی (۱۳۸۳)، به مطالعه ۱۵ مورد ریزش تگـرگ در شهر تهران پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان داد فصل بهار دارای بیشترین ریزش و ساعات ٦ تـا ۱۸ دارای بیـشترین احتمال رخداد بارش طی ساعات روز را دارند. امینی و امینی بروجنی (۱۳۸٤)، بارش تگرگ در استان اصفهان را بـه روش همدید– ترمودینامیکی بررسی کردند. در این پژوهش، رخداد تگرگی شدید در دوره تاریخی انتخاب و مـورد واکـاوی دینامیکی و همدید قرار گرفت. صلاحی(۱۳۸۹)، به مطالعه ویژگی‌هـای آمـاری و همدیـدی توفـان تنـدری در اسـتان اردبیل پرداخته است. توزیع احتمال وقوع توفان تندری شهرستان اردبیل، حتمی بودن وقوع توفـان تنـدری را در کلیـه ماه‌های فصل بهار نشان داده است. همچنین آمار ایستگاه اردبیل بیانگر وقوع همزمان توفان تنـدری همـراه بـا تگـرگ، صاعقه و بارش سنگین بوده است. رطوبت به وجود آورنده این بـارش‌هـا حاصـل هـوای مرطـوب مدیترانـه بـر اثـر گسترش بادهای غربی در زمستان بیان گردیده است. که این رطوبت بعد از پسروی بادهای غربی در ایـن منطقـه بـاقی می‌ماند و در فصل بهار بر اثر تابش زیاد آفتاب بر روی دامنه‌های آفتاب‌گیر با ایجاد ناپایداری و شرایط صـعود شـرایط مساعدی برای ریزش تگرگ فراهم می‌کند. میرموسوی و اکبرزاده (۱۳۸۸)،داده‌های ۱٤ مورد بارش تگـرگ در ایـستگاه

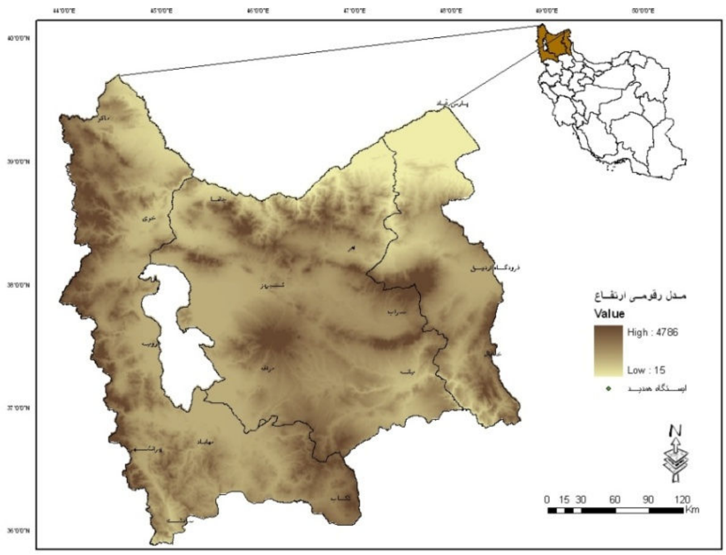
1 Boyden Index
2 Lifted Index

همدید تبریز طی دوره آماری ۲۰۰۵–۱۹۸۷ استخراج کرده و برای مطالعه آنها از شاخص‌های ناپایداری LCL[1]، CCL[2] و K استفاده کردند.

هدف از انجام این پژوهش شناسایی الگوهای همدید و تعیین آستانه‌های کمیّت‌های دینامیکی چون تاوایی نسبی، همگرایی و واگرایی رطوبت، سرعت قائم در سامانه ارتفاعی و کمیت‌های ترمودینامیکی چون نم ویژه و جهت وزش جریان‌ها از ٤٨ ساعت قبل از شروع بارش تگرگ به صورت فراگیر می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شمال‌غرب ایران است. ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی از نظر مرزهای سیاسی در سه استان اردبیل، آذربایجان‌شرقی و غربی قرار دارند. از نظر موقعیت ریاضی در محدوده عرض جغرافیایی ′۵۷°۳۵ تا ′٤٦°۳۹ شمالی و طول جغرافیایی ′۱۳°٤٤ تا ′۵۵°٤۸ شرقی گسترش یافته است (شکل ۱).



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه به همراه ایستگاه‌های همدید

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش از داده‌های مربوط به هوای حاضر (WW) با فاصله زمانی ۳ ساعته در دوره آماری (۲۰۰۹–۱۹۸۷) برای ایستگاه‌های همدید استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی جهت واکاوی آماری پدیده تگرگ استفاده گردید. از بین ۱۰۰ کد مربوط به گروه هفتم WW برای توفان تگرگ، کدهای شماره (۹۹، ۹٦، ۸۹، ۲۷)، که بارش تگرگ با شدّت‌های متفاوت را در بردارند، در نظر گرفته شد که شامل هرگونه ظهور این پدیده در ساعت

1 Lifted Condensation Level
2 Convection Condensation Level

دیدبانی و سه ساعت قبل از آن می‌شود. فراوانی رخداد کدهای نام‌برده در ١٦ ایستگاه همدید منطقـه پژوهـشی تعیـین گردید. سپس با توجه به فراوانی‌های به دست آمده نمودارهای مربوط به فراوانی زمانی (ساعتی و ماهانه) بارش تگرگ و فراوانی این پدیده در ایستگاه‌های منطقه، ترسیم گردید. همچنین جهت واکاوی همدید سـازوکار رخـداد تگـرگ در حالت فراگیر (رخداد این پدیده در دو ایستگاه و بیشتر)، توفان رخداده در ٤ می ١٩٩٧ انتخـاب و مـورد بررسـی قـرار گرفت. در جدول (١) تعدادی از بارش‌های فراگیر تگرگ منطقه در دوره تاریخی مورد بررسی ذکر گردیـده اسـت. در نهایت از داده‌های دوباره بازکاوی شده NCEP/NCAR شامل داده‌های فشار سطح دریـا، ارتفـاع ژئوپتانـسیلی بـرای ترازهای ٧٠٠ و ٥٠٠ هکتوپاسکال، نم ویژه و جهت وزش جریان‌ها برای تراز ٨٥٠ هکتوپاسکال، همگرایی و واگرایـی رطوبت در سطح زمین، تاوایی نسبی و اُمگا در تراز ٧٠٠ هکتوپاسکال و نیم‌رخ اُمگا همراه با رطوبت نسبی برای عرض جغرافیایی ′٥ °٣٨ درجه (تبریز)، از ٤٨ ساعت قبل از شروع بارش با فاصله زمانی ٦ ساعته در محدوده همدیدی صـفر تا ٧٠ درجه عرض جغرافیایی شمالی و صفر تا ٧٠ درجه طول جغرافیایی شرقی، مورد واکـاوی قـرار گرفـت. در ایـن پژوهش، بررسی تغییرات زمانی داده‌های همدید بصورت نقـشه بـا اسـتفاده از نـرم افـزار GRADS و بـرای ترسـیم نمودارهای فراوانی رخداد تگرگ و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار Excel بهره گرفته شد.

جدول١ تعدادی از بارش‌های تگرگ در حالت فراگیر در منطقه مورد مطالعه

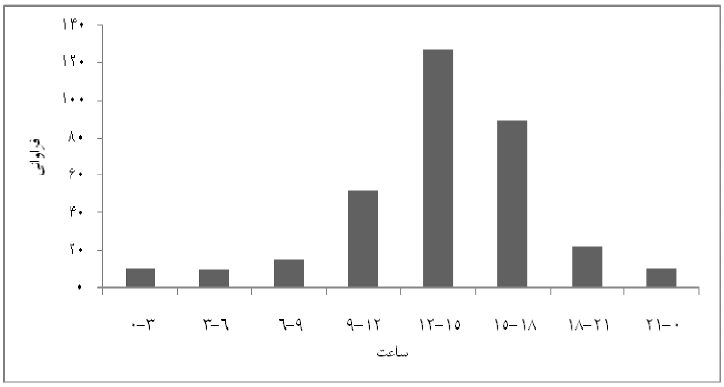
ایستگاه های درگیر تگرگ	تاریخ	ایستگاه های درگیر تگرگ	تاریخ
ماکو-اهر	٧ آگوست ١٩٩٣	مراغه-خلخال-سردشت	١٠ آپریل ١٩٩١
سراب-تبریز-اردبیل	٣و٤ می ١٩٩٦	سردشت-تبریز-خلخال	٤ می ١٩٩٧
میانه-مراغه	١٢ می ١٩٩٨	جلفا-اهر-ارومیه	٩و١٠ آپریل ٢٠٠٠
میانه-تبریز	٢٣ آپریل ٢٠٠٣	مراغه-اهر	٣١ می ١٩٩٤
مراغه-خوی	٩ آپریل ١٩٩٧	اردبیل-خلخال	٢٢ جون ١٩٩٢

بحث و نتایج

تحلیل آماری تگرگ

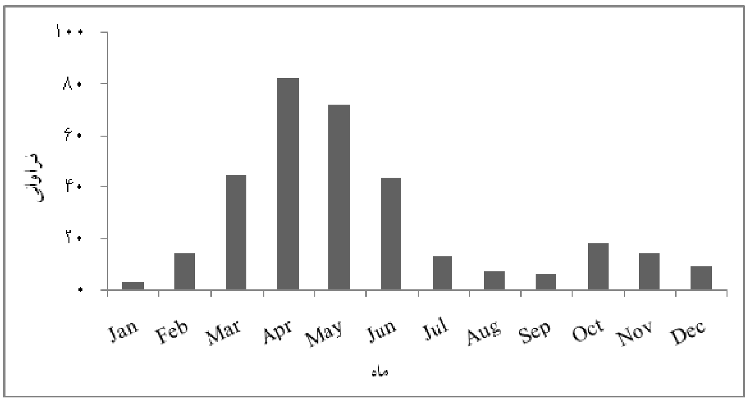
به منظور بررسی آماری بارش تگرگ در دورۀ آماری (٢٠٠٩-١٩٨٧) میلادی، کدهای مربوط بـه بـارش تگـرگ (٩٩، ٩٦، ٨٩ ٢٧) از ١٠٠ کد مربوط به گروه هفتم (هوای حاضر) از داده های مربوط به ١٦ ایستگاه همدید استان‌هـای اردبیـل، آذربایجان شرقی و غربی استفاده گردید. شکل‌های (٢) تا (٤) طی دوره آمـاری ٢٣ سـاله (٢٠٠٩-١٩٨٧) از ایـستگاه‌هـای همدید استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی تهیه گردیده است و در زیر به تفسیر هر یک پرداخته مـی‌شـود. شـکل (٢) فراوانی ریزش تگرگ را طی شبانه روز با فاصله زمانی ٣ ساعته نشان می‌دهد. بیشترین فراوانـی ریـزش تگـرگ طـی ساعات UTC ٩ تا ١٨ در منطقه مورد مطالعه به وقوع پیوسته است. دلیل این مسأله را می‌توان در افـزایش انـرژی تابـشی

رسیده به جو و نهایتاً ویژگی‌ها سطح زمین در این ساعات دانست که سبب افزایش ناپایداری‌های جوّی گردیده و شرایط مناسبی را جهت ریزش تگرگ فراهم ساخته است.



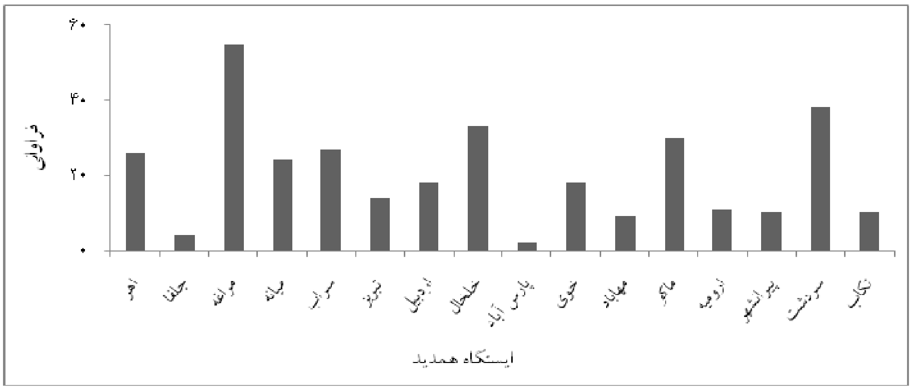
شکل ۲ فراوانی ریزش تگرگ طی ۲۴ ساعت شبانه روز در منطقهٔ مورد مطالعه در دوره آماری (۲۰۰۹–۱۹۸۷)

شکل (۳)، فراوانی ماهانه رخداد تگرگ را نشان می‌دهد. بیشترین فراوانی این پدیده به ترتیب در ماه‌های آوریل، مه، مارس و ژوئن در منطقه پژوهش گزارش گردیده است. ماه‌های مارس و آوریل ماه‌های انتقالی از فصل سرد به گرم هستند و به دلیل گرم شدن سریع سطح زمین و لایه زیرین جو (افزایش طول روز و نزدیک شدن خورشید به خط قائم) و بالا بودن رطوبت هوا (به واسطه ریزش‌های فصول پاییز و زمستان) ناپایداری افزایش یافته و جریان‌های همرفتی، شدّت یافته و تحت شرایط مساعد، ابرهای همرفتی رشد کرده و سبب ایجاد توفان تگرگ می‌شوند.



شکل۳ فراوانی ماهانه ریزش تگرگ در منطقه مورد مطالعه در دوره آماری (۲۰۰۹–۱۹۸۷)

شکل (٤) نشان دهنده فراوانی ریزش تگرگ در دوره آماری مورد مطالعه در ایستگاه‌های همدید منطقه می‌باشد. در این مورد ایستگاه همدید مراغه بیشترین فراوانی ریزش تگرگ را در منطقه دارد که دلایل آن نیازمند پژوهشی دیگر بوده و در اهداف این مطالعه نمی‌گنجد.



شکل٤ فراوانی رخداد تگرگ در منطقه مورد مطالعه به تفکیک ایستگاه در دورهٔ (۲۰۰۹–۱۹۸۷)

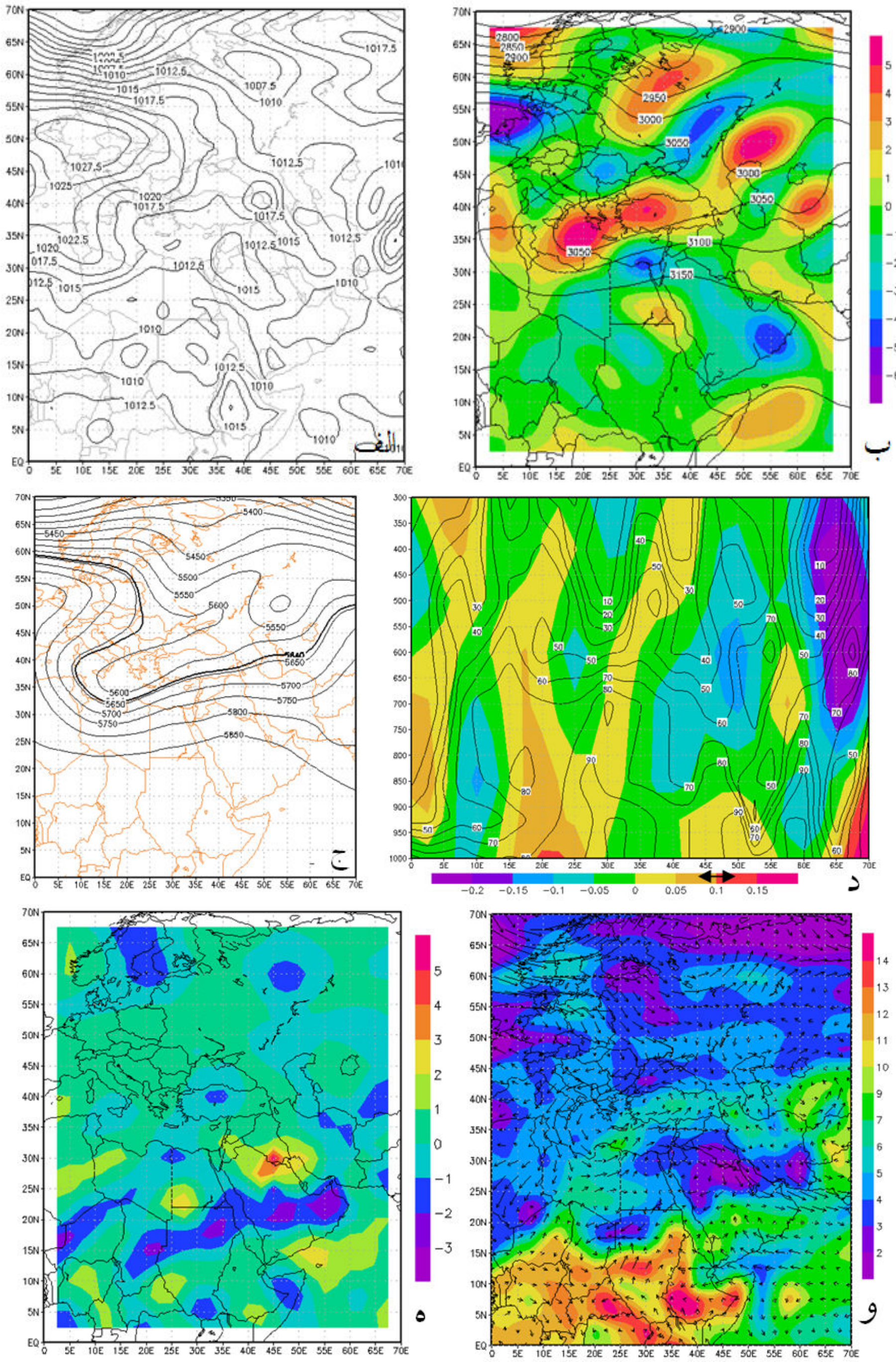
واکاوی همدید تگرگ فراگیر

به منظور واکاوی همدید بارش تگرگ به تهیه و تفسیر نقشه‌های بارش تگرگ در ٤ مـی ۱۹۹٤ از ٤۸ سـاعت قبـل از شروع بارش‌ها اقدام گردید. در این روز ایستگاه تبریز ساعت ۰۳ UTC، ایستگاه سردشـت سـاعت ۰٦ UTC و ایـستگاه خلخال ساعت ۲۱UTC، گزارش رخداد این پدیده را به مرکز تهیه نقشه مخابره کرده‌اند.

روز ۲ مه ۱۹۹۷ (دو روز قبل از شروع بارش)

در این روز در نقشه سطح دریا (شکل ۵–الف)، مرکز پرفشاری در غرب اروپا با فشار مرکـزی ۱۰۲۷/۵ هکتوپاسـکال شکل گرفته که زبانه‌های آن نیمه غربی ایران را تا مدیترانه زیر نفوذ خود قرار داده است. در شمال اروپا کم‌فشاری با فـشار مرکزی ۱۰۰۷/۵ هکتوپاسکال بسته شده که زبانه‌های آن به شمال روسیه نیز می‌رسد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شـکل ۵– ب)، ناوه‌ای با محور شمال‌شرقی– جنوب‌غربی بر روی مدیترانه و غرب ترکیه تشکیل شده و جریان‌هـای مـداری تحـت تأثیر این ناوه در سراسر ایران حاکم است. بیشینه تاوایی نسبی در این تراز در غرب دریای مدیترانه منطبق بر مرکـز نـاوه بـا شدّت ۵ می‌باشد. در شمال اروپا نیز شرایط کم‌ارتفاعی حاکم است بیشینه تـاوایی نـسبی در آن مکـان بـه ٤ مـی‌رسـد. در شمال‌غرب ایران تاوایی بین صفر تا ۲ واحد متغیر می‌باشـد. در تـراز ۵۰۰ هکتوپاسـکال (شـکل ۵– ج)، ماننـد تـراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شرایط کم‌ارتفاعی بر روی مدیترانه حاکم است و ارتفاع مرکزی این کم‌ارتفاع به ۵۵۸۰ ژئوپتانسیل متـر مـی-رسد. منحنی ٥٦٤٠ ژئوپتانسیل متر از قسمت‌های شمالی محدوده مورد مطالعه گذر کرده است. در محدوده مورد پـژوهش از سطح زمین تا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال اُمگا مثبت حاکم است و شرایط اُمگای منفی در بالاتر از این تـراز برقـرار گردیـده است. بیشینه اُمگا در طول جغرافیایی ۵۵ تا ۷۰ درجه شرقی و در تراز ۷۵۰ هکتوپاسکال به بالا تشکیل شده است که مـی-توان این اُمگای بیشینه را در ارتباط با ناوه‌ی واقع در این طول جغرافیایی دانست. رطوبت نسبی در سطوح پایین جو به ۹۰ تا ٦۰ درصد می‌رسد و تا تراز ۳۵۰ هکتوپاسکال میزان رطوبت از ۵۰ درصد کمتر نمی‌شود (شکل ۵– د). رطوبت در نیمه غربی ایران با شدّت کم‌تر در شمال و شدّت بیشتر در جنوب همگرا گردیده است. بیشینه همگرایی در جنوب عراق بـه ٤

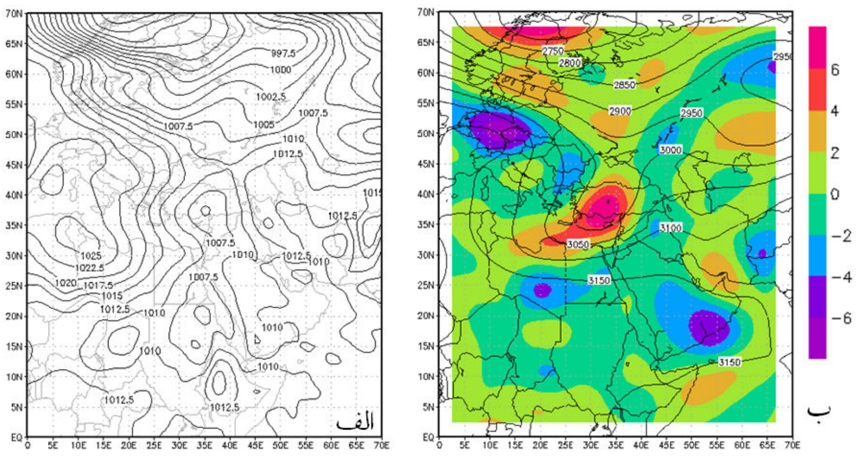
می‌رسد. در جنوب عربستان واگرایی شدید به ۳- رسیده و در شرق مدیترانه بین صفر تا ۱- متغیر است(شکل ۵-ه). نم ویژه (شکل ۵-و) در منطقه پژوهش بین ۷ تا ۹ گرم بر کیلوگرم متغیر است.

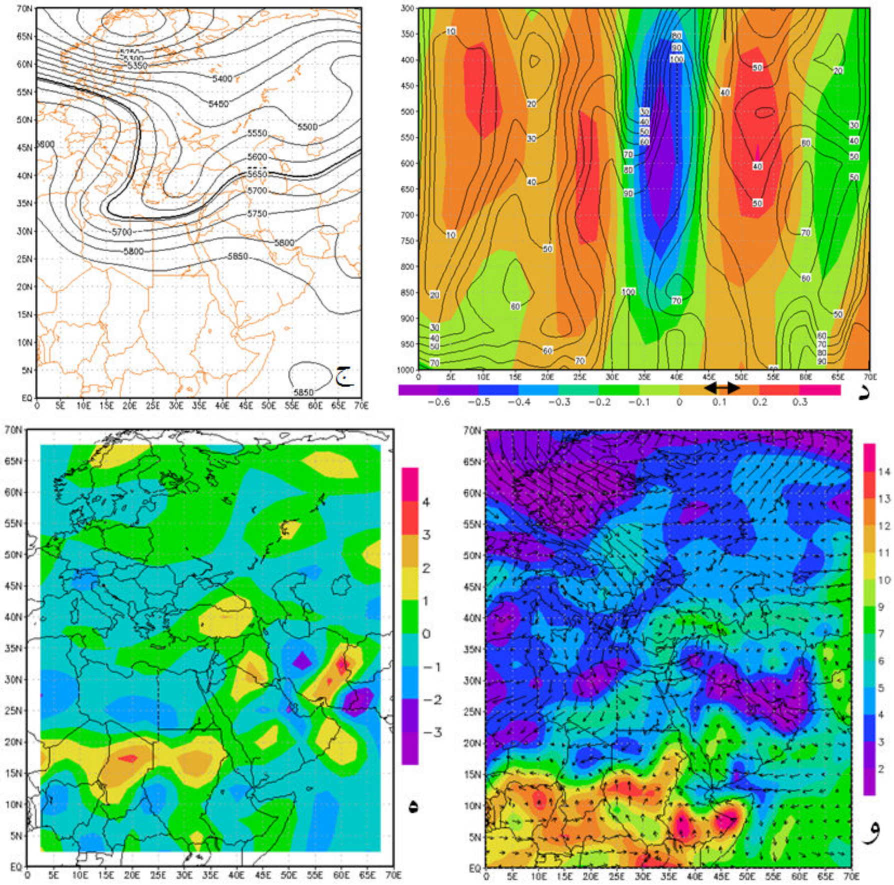


شکل ۵ الف) فشار سطح دریا، ب) ارتفاع ژئوپتانسیلی و تاوایی تراز ۷۰۰، ج) ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز ۵۰۰، د) نیمرخ اُمگا و رطوبت نسبی در ′۵ °۳۸ شمالی، ه) همگرایی رطوبت، و) نم ویژه در تراز ۸۵۰.

روز ۳ مه (روز قبل از بارش)

در نقشه سطح دریا (شکل٦– الف) پرفشار غرب اروپا تضعیف شده و کم‌فشار شمال اروپا با قوی‌تر شـدن سـبب عقـب راندن این پرفشار از منطقه مدیترانه می‌شود و شرایط کم‌فشاری در شرق مدیترانه و شمال آفریقـا برقـرار مـی‌گـردد. همچنـین سراسر ایران تحت تأثیر پرفشارهای شرقی قرار دارد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ٦– ب) بـا قـوی‌تـر شـدن کـم‌ارتفـاع اسکاندیناوی هوای سرد از عرض‌های بالا به داخل ناوه مدیترانه ریزش کرده و سبب قوی‌تـر آن شـده و محـور آن راسـتایی تقریباً شمالی– جنوبی به خود می‌گیرد. بیشینه تاوایی در این روز در غرب ترکیـه بـه ٦ مـی‌رسـد. در شـمال‌غـرب ایـران بـا قرارگیری پشته این ناوه بر روی آن تاوایی به ۲– تا ۲ می‌رسد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ٦– ج) مرکز کم‌ارتفاع واقع بـر دریای مدیترانه نسبت به روز قبل قوی‌تر شده و ارتفاع آن به ۵۵٤۰ ژئوپتانسیل متر می‌رسد. در این روز ناوه کـم‌ارتفـاع شـمال اروپا با ناوه کم‌ارتفاع شمال اروپا ادغام شده و این حالت می‌تواند سبب قوی‌تر شدن ناوه مدیترانه‌ای شده باشـد. بـا قرارگیـری پشته بر روی ایران منحنی ٥٦٤۰ ژئوپتانسیل متر در این روز به عرض‌های بالاتر انتقال پیدا کرده است. نیمرخ قائم اُمگا (شـکل ٦– د)، اُمگایی مثبت را در شمال‌غرب ایران نشان می‌دهد که این شرایط از سطح زمین تا ترازهای بالایی جو ادامه دارد. و ایـن در حالی است که در مرزهای غربی منطقه مورد پژوهش و در طول جغرافیایی ۲۷ تا ٤۳ درجـه شـرقی اُمگـای منفـی حـاکم گردیده و بیشینه اُمگا در طول جغرافیایی ۳۷ درجه شرقی و در تراز ٦۰۰ هکتوپاسکال به ۰/٦– پاسکال بر ثانیه می‌رسد، که این شرایط نوید ناپایداری شدید را برای شمال‌غرب ایران طی ساعات آینده می‌دهد. رطوبت نسبی در منطقه در سطح زمین به ٦۰ درصد و در ترازهای بالا از ٤۰ تا ۵۰ درصد متغیر است. بیشینه رطوبت نسبی در محدوده‌ای که بیـشینه اُمگـا رخـداده وجـود دارد. جریان رطوبتی در این روز در محدوده پژوهش واگرایی ضعیفی را در بیشتر قسمت‌ها به جز قسمتی از شـمال‌غـرب آن به وجود آمده است. در نواحی غربی ایران همگرایی ضعیف از ترکیه تا جنوب عراق شکل گرفته است (شـکل ٦– ه). میـزان نم ویژه در شمال‌غرب ایران تغییر نکرده ولی جهت جریان‌ها از غربی به جنوب‌غربی تغییـر یافتـه اسـت. گـردش چرخنـدی جریان رطوبت را از دریای سیاه، مدیترانه و سرخ به سمت منطقه گسیل می‌دهد. در جنوب ایران و عراق همچنـان کمینـه نـم ویژه حاکم است (شکل ٦– و).



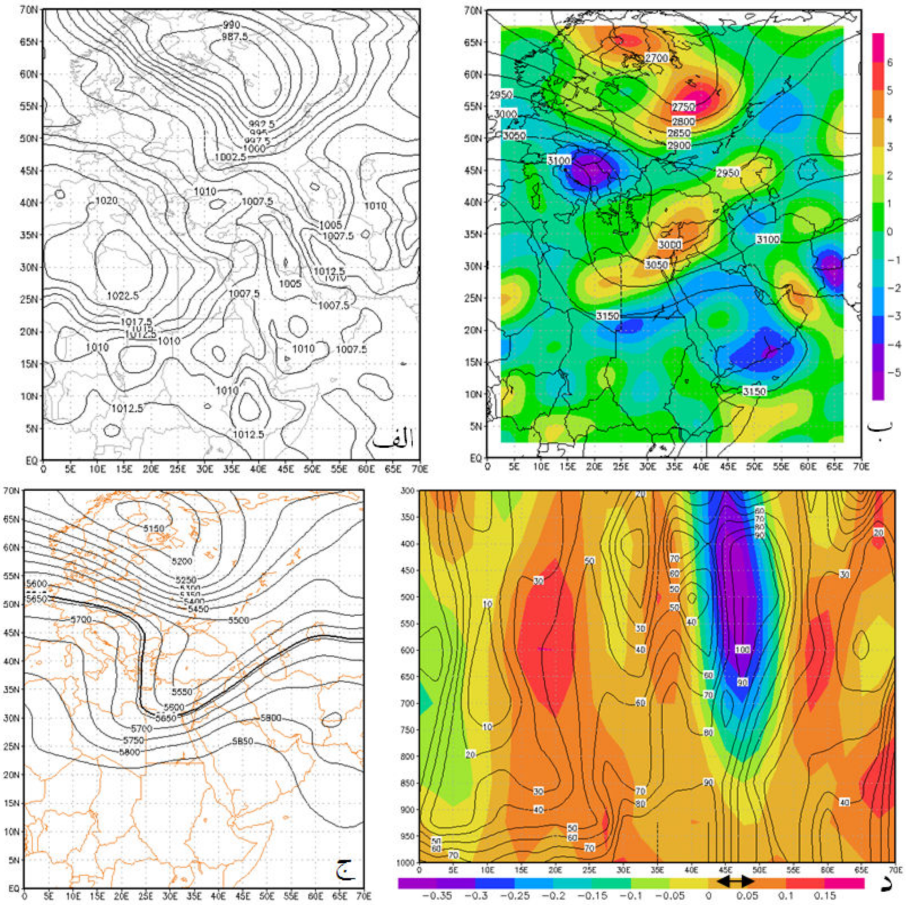


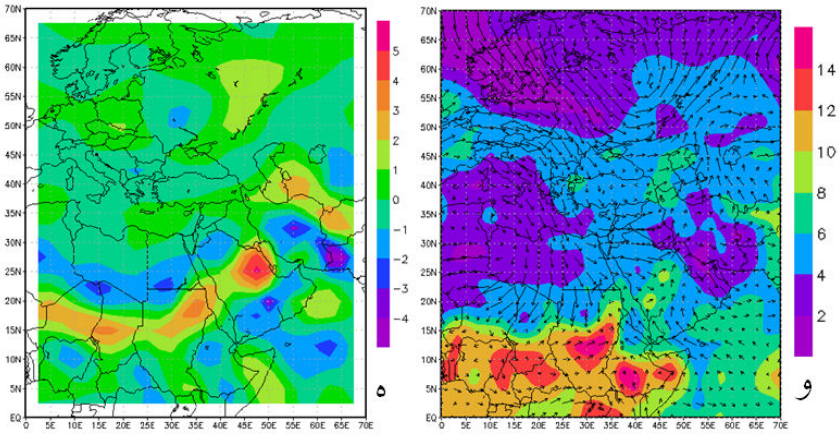
شکل٦ الف) فشار سطح دریا، ب) ارتفاع ژئوپتانسیلی و تاوایی تراز ۷۰۰ ، ج) ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز ۵۰۰ ، د) نیمرخ اُمگا و رطوبت نسبی در ′۵ °۳۸ شمالی ، ه) همگرایی رطوبت ، و) نم ویژه در تراز ۸۵۰.

روز ٤ مه (روز بارش تگرگ)

در نقشه سطح دریا (شکل ۷– الف) شرایط کم‌فشاری سراسر اروپا را با فشار مرکزی ۹۸۷/۵ هکتوپاسکال که در شرق اروپا بسته شده فرا گرفته است. زبانه‌های این کم‌فشار تا قسمت‌های شمال ایران رسیده و سبب عقب راندن پرفشار روز قبل به سمت جنوب گردیده است. همچنین شرایط کم‌فشاری در شرق دریای مدیترانه و سرخ حاکمیت دارد. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷– ب) با حرکت شرق سوی ناوه مدیترانه‌ای، شمال‌غرب ایران را در قسمت جلوی ناوه قرار می‌دهد. در این روز بیشینه تاوایی به ٤ در شرق دریای مدیترانه و ٦ در شرق اروپا می‌رسد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷– ج) محور ناوه راستایی شمال‌شرقی– جنوب‌غربی پیدا کرده و با حرکت شرق سوی خود محدوده مورد پژوهش را در قسمت جلوی ناوه قرار می‌دهد. همچنین محور این ناوه از عرض ٤۵ درجه شمالی تا ۲۵ درجه شمالی گسترش یافته است. کم‌ارتفاع اسکاندیناوی نسبت به روز قبل قوی‌تر شده و ارتفاع مرکزی آن به ۵۱٤۰ ژئوپتانسیل متر می‌رسد. منحنی ۵٦٤۰ در این روز از

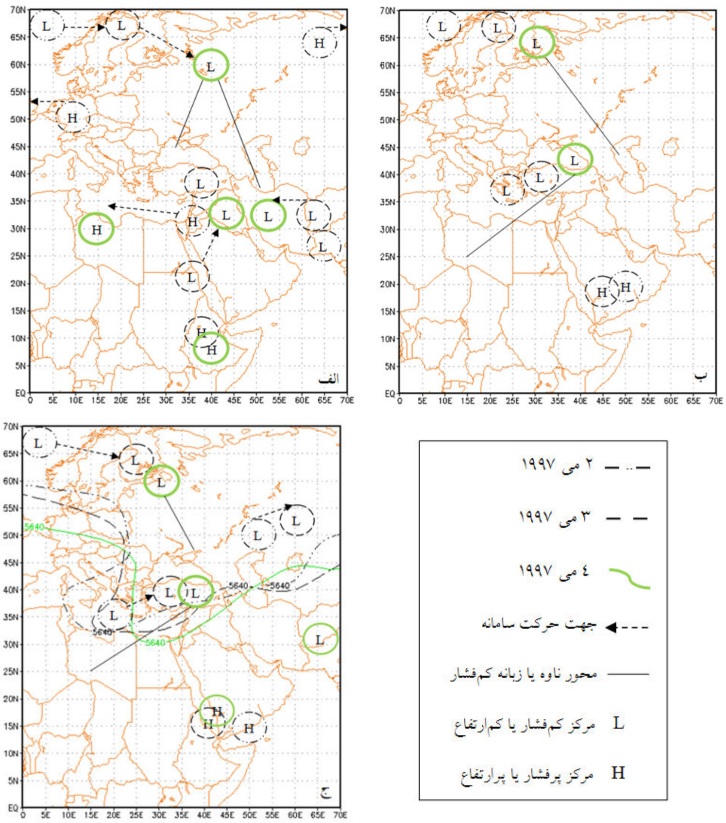
نیمه شمال‌غربی منطقه مورد پژوهش نیز عبور کرده که بیشترین برخورد و آمیختگی هوای سـرد و خـشک بـا هـوای گـرم و مرطوب را نشان می‌دهد و بنابراین مناسب‌ترین ناحیه بـرای گـسترش کـم‌فـشارها مـی‌باشـد. اُمگـا (شـکل ٧- د)، در طـول جغرافیایی ٤٤ تا ٤٩ درجه شرقی (طول جغرافیایی محدوده مورد مطالعه) به بیشینه منفی خود رسیده و شدّت آن در تـراز ٦٠٠ تا ٤٠٠ هکتوپاسکال به ٠/٣٥- پاسکال بر ثانیه می‌رسد. از سطح زمین تا تراز ٩٥٠ هکتوپاسـکال ایـن محـدوده اُمگـای مثبـت حاکم است و رفته رفته با ارتفاع گرفتن از این تراز افزایش یافته و در تراز ٦٠٠ هکتوپاسکال بـه بیـشینه اُمگـا خـود مـی‌رسـد. رطوبت نسبی در محدوده بیشینه اُمگا به ١٠٠ درصد رسیده و به سمت اطراف کاهش می‌یابد. رطوبت نسبی در سـطح زمـین از شرق (٦٠٪) به غرب (٩٠٪) افزایش می‌یابد. در شمال‌غرب عربستان و در عرض‌جغرافیایی بین ١٥ تا ٢٠ درجه شـمالی بـه صورت نواری، همگرایی بیشینه حاکم است که مقدار آن در شمال‌غرب عربستان بیشتر از قسمت‌های دیگر بوده و شـدت آن به ٥ رسیده است. که در نهایت مناطق که با همگرایی همراه هستند می‌توانند در تشدید گردش چرخندی و منـاطق همـراه بـا واگرایی در تشدید گردش واچرخندی مؤثر باشند (شکل ٧- ه). نم ویژه (شکل ٧- و) در این تراز (٨٥٠ هکتوپاسکال) نسبت به روز قبل کاهش یافته و به ٦ تا ٨ گرم بر کیلوگرم رسیده است. جریان‌ها مانند روز قبل از دریای سـرخ بـه سـمت محـدوده مورد پژوهش است با این تفاوت که جریان‌هایی از خلیج‌فارس نیز به سمت منطقه مشاهده می‌شود.





شکل۷ الف) فشار سطح دریا، ب) ارتفاع ژئوپتانسیلی و تاوایی تراز ۷۰۰ ، ج) ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز ۵۰۰ ، د) نیمرخ اُمگا و رطوبت نسبی در ′۵ °۳۸ شمالی ، ه) همگرایی رطوبت ، و) نم ویژه در تراز ۸۵۰.

بررسی تغییر مراکز عمل جوّی از دو روز قبل از شروع بارش‌ها (شکل ۸)، به تـأثیر کـم‌فـشار ایـسلند در ارتباط با کم‌فشار مدیترانه در ایجاد این بارش اشاره دارد.



شکل۸ الف) موقعیت مرکز کم فشار و پرفشار در تراز سطح دریا، ب) موقعیت مراکز کم‌ارتفاع و پرارتفاع در تراز ۷۰۰ ، ج) موقعیت مراکز کم ارتفاع و پرارتفاع به همراه تاوه پیراقطبی در تراز ۵۰۰.

نتیجه گیری

با توجه به سازوکار و عملکرد سامانه‌های جوّی در ایجاد تگرگ فراگیر ٤ مه ۱۹۹۷ در شمال‌غرب ایران، با بررسی نقشه‌های تراز سطح دریا، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نتایج زیر به دست آمد.

در تراز سطح دریا (شکل ۸–الف)، با عقب نشینی مرکز پرفشار آزورز و مرکز پرفشار فرعی منتج از آن به سمت غرب و پرفشار سیبری به سمت شرق کم‌فشار ایسلند با حرکت به سمت شرق و جنوب و قوی‌تر شدن زبانه‌هایش تا جنوب دریای خزر می‌رسد. همچنین با عقب‌نشینی مرکز فرعی آزورز از شمال عربستان میسر حرکت کم‌فشارهای دریای سرخ به سمت بین‌النهرین باز می‌شود. در شرق ایران نیز کم‌فشار پاکستان با حرکت غرب سوی خود شرایط کم‌فشاری را در سراسر ایران فراهم می‌کند. موقعیت مراکز کم‌ارتفاع و پرارتفاع در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۸– ب) تقریباً شبیه هم بوده و در شمال‌غرب اروپا حرکت کم‌ارتفاع ایسلند به سمت شرق با قوی‌تر شدن آن همراه است. در مرکز مدیترانه حرکت مرکز کم‌ارتفاع و ناوه با تغییر جهت محور ناوه از راستای زناری (مداری) به راستای جنوب‌غربی– شمال‌شرقی همراه است. تاوه پیراقطبی (شکل ۸– ج)، تا عرض جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی کشیده شده و در قسمت جلوی ناوه خود، شمال‌غرب ایران را نیز تحت تأثیر قرار داده است. بیشینه تاوایی نسبی در حوزه دریای مدیترانه از دو روز قبل از شروع بارش افزایش یافته و در روز بارش روندی ثابت یا کاهشی را طی کرده است. نکته قابل توجه در تاوایی نسبی الگوهای تگرگ فراگیر وجود یک کمینه در جنوب عربستان از دو روز قبل از بارش با نوسانی کم در شدّت آن می‌باشد. شدّت‌های بحرانی برای این کمیت در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال از ٤۸ ساعت قبل از بارش در مورد بیشینه تاوایی نسبی شدّتی بین ٤ تا ٦، کمینه آن بین ٦– تا ٤– نوسان دارد و درشمال‌غرب گرایش بیشتر به سمت تاوایی مثبت می‌باشد. از دو روز قبل از شروع بارش همگرایی حداکثر در جنوب‌شرق ایران و کشورهای حاشیه خلیج‌فارس به وقوع پیوسته و سبب تقویت سامانه‌های چرخندی این مناطق گردیده است. واگرایی بیشینه نیز از دو روز قبل از شروع بارش در جنوب عربستان، مرکز ایران و روی خلیج فارس مشاهده گردیده است. شدّت همگرایی در این الگوها بین ۲ تا ۵ نوسان دارد و شدّت واگرایی از ۲– تا ٤– در نوسان می‌باشد. در شمال‌غرب ایران با نزدیک شدن به زمان بارش شرایط همگرایی بیشتر به چشم خورده و شدّت آن بین ۳– تا ۳ متغیر است. بیشینه نم ویژه در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال بین ۸ تا ۱۰ گرم بر کیلوگرم می‌باشد و از نظر مکانی در شرق دریای مدیترانه تا شمال‌غرب ایران از ٤۸ ساعت قبل از بارش جریان می‌یابد. در شمال‌غرب ایران نم ویژه بین ٦ تا ۱۰ گرم بر کیلوگرم متغیر می‌باشد. جهت جریانات نیز در همین فاصله زمانی غربی تا جنوب‌غربی بوده و شدّت آن با نزدیک شدن به زمان بارش افزایش پیدا می‌کند. نیمرخ اُمگای این الگو از روز قبل از بارش اُمگای منفی بیشینه‌ای را در غرب منطقه مورد پژوهش نشان می‌دهد که با حرکت به سمت شرق موج به سمت ایران جابه‌جا می‌گردد و در حالت بیشینه اُمگا به ۰/۳۵– پاسکال بر ثانیه رسیده است.

References

Abdemanafi, D., 2004. The Study of Instability Indexes, Vertical Wind Shear and Moisture Conditions on Hail Occurrence in Tehran, MSc Dissertation, Islamic Azad University, Tehran-North Branch.

Amini, L., Amini Burujeni, M., 2005. The Study of Hail Storm in Isfahan Province, Journal of Farayand, No. 29, PP. 52.

Aran, M.a , Pena, J.C.a , Torà, M.b, 2011. Atmospheric Circulation Patterns Associated with Hail Events in Lleida (Catalonia), Atmospheric Research, Vol. 100 (4), pp. 428-438.

Bech, J., Pineda, N., 2011. A Mediterranean Nocturnal Heavy Rainfall and Tornadic Event. Part I: Overview, Damage Survey and Radar Analysis, Journal of Atmospheric Research, Vol. 100 (4), pp. 621-637.

Chrysoulakis, N., Spiliotopoulos, M., Domenikiotis C., & Dalezios, N., 2003, Towards Monitoring of Regional Atmospheric Instability through MODIS/AQUA Images, Geographical Information Systems and Remote Sensing, Journal of Environmental Applications, Vol. 7.

Giaiotti, D., Nordio, S., & Stel, F., 2003, The Climatology of Hail in the Plain of Friuli Venezia Giulia, Journal of Atmospheric Research , No. 68, pp. 247– 259.

Kavyani, M., Alijani, B., 2005. The Foundations of Climatology, SAMT Press, Tehran.

Khoshhal, J., Alizadeh, T., 2010. A Synoptic and Thermodynamic Study on Floody Shower in Khorasan Province (Case Study: 15 September 2009), Journal of Modares, University of Tarbiat Modares, Vol. 14. No. 4.

Khoshhal, J., Ghavidel, Y., 2007. Identification of Environmental Disaster Characteristics in North-West of Iran (Case Study: Hazard of Thunderstorms in Tabriz). Journal of Modares, University of Tarbiat Modares, Vol. 11.,pp. 101-116.

Lashgari, H., Amini, M., 2010. Synoptic Analysis and Zoning of Hail Storm in Khorasan for Period (1996-2005), Journal of Geography and Planning, No. 31, pp. 51-108.

Michaelides, S., Savvidou, K., Orphanou, G., 2008. Synoptic, Thermodynamic and Agroeconomic Aspects of Severe Hail Events in Cyprus, Natural Hazards and Earth System Science, Vol. 8 (3), pp. 461-471.

Mirmoosavi, H., Akbarzadeh, Y., 2009. The Study of Instability Indexes in Hail Generation on the Tabriz Meteorologic Station, Journal of Geography Space, Islamic Azad University, Ahar Branch, Vol. 25, pp. 95-108.

Ouzi, R., 2011. Geography of Hazards (Anthropogenic and Physical), Translator: Zaheri, M., University of Tabriz Press, Tabriz.

Salahi, B., 2010, A Consideration on Statistical and Synoptic Characteristics of Thunderstorms in Ardebil Province, Physical Geography Research Quarterly, No. 72, pp. 129-142.

Siedlecki, M., 2009. Selected Instability Indices in Europe, Journal of Theoretical Applied Climatology, Vol. 96, pp. 85–94.

Sioutas, M., Flocas H., 2003. Hailstorms in Northern Greece: Synoptic Patterns and Thermodynamic Environment, Journal of Theoretical Applied Climatology, Vol. 75, pp. 189–202.

Webb, J., Elsom, D., Meaden, G., 2009. Severe Hailstorms in Britain and Ireland, a Climatological Survey and Hazard Assessment, Journal of Atmospheric Research, Vol. 93 (1-3), pp. 587-606.